

**BIDIRECTIONAL HIGHER HARMONIC DISSIPATION FILTER**

**Patent number:** JP2003008384  
**Publication date:** 2003-01-10  
**Inventor:** CHAWLA YOGENDRA K; FREESE DAVID  
**Applicant:** ENI TECHNOLOGY INC  
**Classification:**  
- International: **H03H7/075; H01J37/32; H03H7/01; H03H7/06; H03H7/075; H01J37/32; H03H7/01; (IPC1-7): H03H7/075; H03H7/06**  
- european: **H01J37/32H1; H03H7/01B**  
**Application number:** JP20020109429 20020411  
**Priority number(s):** US20010832476 20010411

Also published as:

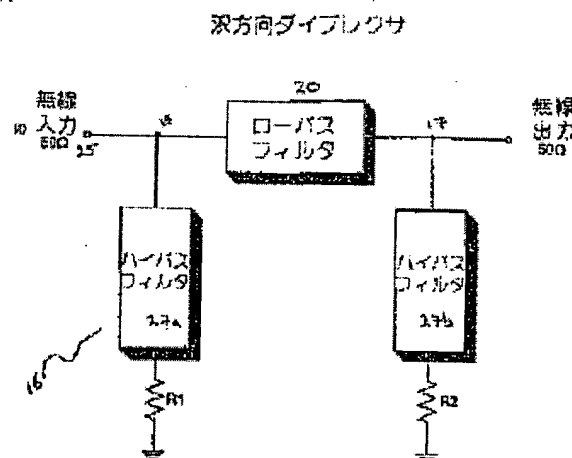
E P1263135 (A2)  
US 6587019 (B2)  
US 2002149445 (A1)  
E P1263135 (A3)

Report a data error here

**Abstract of JP2003008384**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a bidirectional higher harmonic dissipation filter for dissipating higher harmonic energy flowing in from both directions. **SOLUTION:** The bidirectional diplexer higher harmonic dissipation filter includes an input terminal connected to an RF power amplifier 10 providing a radio frequency signal in a prescribed frequency range, an output terminal for providing the radio frequency signal to a load in the prescribed frequency range, a single low-pass filter 20 and a plurality of high-pass filters 27a and 27b connected to this filter 20. The plurality of high-pass filters 27a and 27b receive and dissipate the signal of frequencies exceeding the prescribed frequency range, and the influence of the plurality of high-pass filters 27a and 27b to impedance is cancelled by the input and output of the low-pass filter 20.

図2



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-8384

(P2003-8384A)

(43)公開日 平成15年1月10日 (2003.1.10)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 3 H 7/075  
7/06

識別記号

F I  
H 0 3 H 7/075  
7/06

テーマコード\*(参考)

Z 5 J 0 2 4

審査請求 未請求 請求項の数37 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2002-109429(P2002-109429)

(22)出願日 平成14年4月11日(2002.4.11)

(31)優先権主張番号 09/832476

(32)優先日 平成13年4月11日(2001.4.11)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 501044600

イーエヌアイ テクノロジー, インコーポ  
レイティド

アメリカ合衆国, ニューヨーク 14623-  
3498, ロチェスター, ハイパワー ロード  
100

(72)発明者 ヨゲンドラ ケー. チャウラ

アメリカ合衆国, ニューヨーク 14534,  
ピッツフォード, チェルシー パーク 19

(74)代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 双方向高調波消散フィルタ

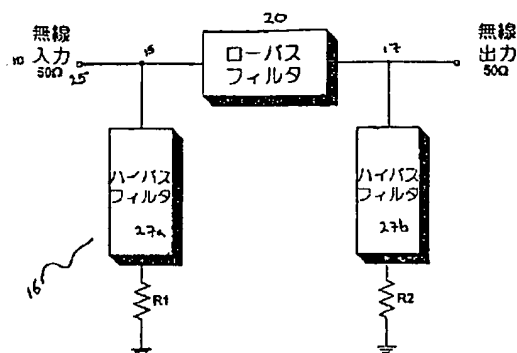
(57)【要約】

【課題】 双方向から流入する高調波エネルギーを消散  
させる双方向高調波消散フィルタを実現する。

【解決手段】 双方向ダイプレクサ高調波消散フィルタ  
は、所定の周波数範囲内の無線周波数信号を提供するR  
F電力増幅器10に結合した入力端子と、所定の周波数  
範囲において無線周波数信号を負荷に提供する出力端子  
と、入力端子と出力端子との間に接続された1つのロー  
パスフィルタ20、このローパスフィルタ20に結合し  
た複数のハイパスフィルタ27a、27bであって、こ  
の複数のハイパスフィルタ27a、27bが、所定の周  
波数範囲を超える周波数の信号を受信しかつ消散させ、  
この複数のハイパスフィルタ27a、27bの、インピ  
ーダンスに及ぼす影響が、ローパスフィルタ20の入力  
と出力で相殺されるハイパスフィルタ27a、27bと  
を含む。

図2

双方向ダイプレクサ



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の周波数範囲内の無線周波数信号を提供することのできる電源と負荷との間に結合する無線周波発生器システムのための双方向高調波消散フィルタであって、

所定の周波数範囲内の無線周波数信号を提供する電源に結合した入力端子と、

無線周波数信号を前記所定の周波数範囲において負荷に提供するための出力端子と、

入力および出力を有するローパスフィルタであって、前記入力端子と前記出力端子との間に接続された1つのローパスフィルタと、

前記ローパスフィルタに結合した複数のハイパスフィルタであって、前記複数のハイパスフィルタが、前記所定の周波数範囲を超える周波数の信号を消散させ、前記複数のハイパスフィルタが、キャパシタンスとインダクタンスとからなるグループの中から選択された所定の回路効果を有し、前記回路効果が前記ローパスフィルタの入力と出力とにおいて相殺されることであるハイパスフィルタとを備えることを特徴とする双方向高調波消散フィルタ。

【請求項2】 前記複数のハイパスフィルタが、第1のハイパスフィルタと第2のハイパスフィルタとを備え、前記第1のハイパスフィルタが前記入力端子と前記ローパスフィルタの入力との間の接合点で接続されており、前記第2のハイパスフィルタが前記ローパスフィルタの出力と前記出力端子との間の接合点で接続されている請求項1に記載のフィルタ。

【請求項3】 前記電源がRF電力増幅器を備える請求項1に記載のフィルタ。

【請求項4】 前記負荷がプラズマチャンバを備える請求項1に記載のフィルタ。

【請求項5】 前記出力端子がインピーダンス整合回路を介してプラズマチャンバに結合している請求項4に記載のフィルタ。

【請求項6】 前記所定の周波数範囲が約13.56MHz±5%である請求項1に記載のフィルタ。

【請求項7】 前記ローパスフィルタがチェビシェフ設計を備える請求項1に記載のフィルタ。

【請求項8】 前記ローパスフィルタが楕円設計を備える請求項1に記載のフィルタ。

【請求項9】 前記ローパスフィルタが並列入出力キャパシタンス値を備える請求項1に記載のフィルタ。

【請求項10】 前記ローパスフィルタが直列入出力インダクタンス値を備える請求項1に記載のフィルタ。

【請求項11】 前記ハイパスフィルタが約50オームの関連抵抗値を有する請求項1に記載のフィルタ。

【請求項12】 前記複数のハイパスフィルタがチェビシェフ設計または楕円設計の一方を備える請求項1に記載のフィルタ。

【請求項13】 前記ハイパスフィルタが約500ワットの電力消散能力を有する請求項1に記載のフィルタ。

【請求項14】 前記複数のハイパスフィルタが各々、前記所定の周波数範囲において所定のキャパシタンス値を有する容量性入力と有する請求項1に記載のフィルタ。

【請求項15】 前記複数のハイパスフィルタが、前記所定の周波数範囲において所定のインダクタンス値を有する誘導性入力と有する請求項1に記載のフィルタ。

【請求項16】 前記ハイパスフィルタが、最低阻止レベル-22dBcの5次0.1dB通過帯域リプル・チェビシェフ設計を備える請求項1に記載のフィルタ。

【請求項17】 RF発生器およびRF電力増幅器を有し、所定の周波数範囲内の無線周波数信号を提供するために前記RF電力増幅器を備える負荷システムに電力を供給する周波数鋭敏度の高いRF発生器システムのための双方向高調波消散フィルタであって、前記所定の周波数範囲内の無線周波数信号を受信するRF電力増幅器に結合した入力端子と、

前記無線周波数信号を前記所定の周波数範囲においてインピーダンス整合回路経路で前記負荷に提供するための出力端子と、

入力および出力、入力インピーダンスおよび出力インピーダンスを有するローパスフィルタであって、前記入力端子と前記出力端子との間に接続された1つのローパスフィルタと、

前記ローパスフィルタに結合した1つのハイパスフィルタであって、前記ハイパスフィルタが、前記所定の周波数範囲を超えたときに負荷から反射された高調波信号を受信しかつ消散させ、前記ハイパスフィルタが、前記ローパスフィルタの出力におけるインピーダンスに影響する所定の回路効果を有し、前記回路効果が、キャパシタンスとインダクタンスとのグループの中から選択されたものであり、かつ、前記ローパスフィルタの出力において相殺されるハイパスフィルタと、

前記RF電力増幅器によって生成された高調波信号を管理するフィルタ手段であって、前記ローパスフィルタの入力に結合しており、前記フィルタ手段が前記ローパスフィルタの入力インピーダンスを補償するフィルタ手段とを備えることを特徴とする双方向高調波消散フィルタ。

【請求項18】 前記ハイパスフィルタが、前記ローパスフィルタの出力と前記出力端子との間の接合点で接続されている請求項17に記載のフィルタ。

【請求項19】 前記ハイパスフィルタが第1のハイパスフィルタを備え、前記フィルタ手段が、前記入力端子と前記ローパスフィルタの入力との間の接合点で接続された第2のハイパスフィルタを備える請求項18に記載のフィルタ。

【請求項20】 前記フィルタ手段が、前記RF電力増

幅器に配置されたダイプレクサを備える請求項17に記載のフィルタ。

【請求項21】 前記フィルタ手段が、前記RF電力増幅器に配置されたカスケードフィルタを備える請求項17に記載のフィルタ。

【請求項22】 前記フィルタ手段が反射型フィルタを備える請求項17に記載のフィルタ。

【請求項23】 前記負荷がプラズマチャンバを備え、前記出力端子がインピーダンス整合回路を通して前記プラズマチャンバに結合している請求項17に記載のフィルタ。 10

【請求項24】 前記所定の周波数範囲が約13.56MHz $\pm$ 10%の範囲である請求項17に記載のフィルタ。

【請求項25】 前記所定の周波数範囲が約13.56MHz $\pm$ 5%である請求項17に記載のフィルタ。

【請求項26】 前記ローパスフィルタがチェビシェフ設計を備える請求項17に記載のフィルタ。

【請求項27】 前記ローパスフィルタが楕円設計を備える請求項17に記載のフィルタ。

【請求項28】 前記ローパスフィルタが並列入出力キャパシタンス値を備える請求項17に記載のフィルタ。

【請求項29】 前記ローパスフィルタが直列入出力インダクタンスを備える請求項17に記載のフィルタ。

【請求項30】 前記ハイパスフィルタが約50オームの抵抗値を有する請求項17に記載のフィルタ。

【請求項31】 前記ハイパスフィルタが約500ワットの電力消散能力を有する請求項17に記載のフィルタ。

【請求項32】 前記複数のハイパスフィルタが各々、前記所定の周波数範囲において所定のキャパシタンス値を有する容量性入力値を有する請求項17に記載のフィルタ。 30

【請求項33】 前記ハイパスフィルタが、前記所定の周波数範囲において所定のインダクタンス値を有する誘導性入力値を有する請求項17に記載のフィルタ。

【請求項34】 前記ローパスフィルタが、前記所定の周波数範囲において所定のインダクタンス値を有する誘導性出力値を有する請求項33に記載のフィルタ。

【請求項35】 前記ローパスフィルタが、所定のキャパシタンス値を有する容量性出力値を有する請求項32に記載のフィルタ。 40

【請求項36】 前記ハイパスフィルタのキャパシタンス値の、インピーダンスに及ぼす影響が、前記ローパスフィルタの出力で相殺される請求項35に記載のフィルタ。

【請求項37】 前記ハイパスフィルタのインダクタンス値の、インピーダンスに及ぼす影響が、前記ローパスフィルタの出力で相殺される請求項34に記載のフィルタ。 50

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体プラズマプロセスに使用されるような高電力無線周波増幅器システムに関する。

【0002】

【従来の技術】プラズマ反応器を含むプラズマプロセス設備が、半導体製造において広く使用されている。プラズマ反応器は、個別のトランジスタ、媒体、大規模集積回路、マイクロプロセッサ、ランダムアクセスメモリなど、半導体ベースの電気部品の製造中に原材料（例えばシリコン）の電気特性を変えるのに使用される。プラズマ反応器を使って行われる代表的な動作には、スパッタリング、プラズマエッチング、プラズマ蒸着、および反応性イオンエッチングが含まれる。

【0003】動作時、半導体素材はリアクトル内に置かれる。次に、ガスが低圧下でプラズマ反応器に導入される。それから、無線周波数（RF）電力がガスに加えられ、それで、ガスはプラズマに変換される。プラズマは、半導体素材の露出領域と反応する電荷イオンからなる。このような多くの動作の結果として、電気回路が半導体素材で作られる。

【0004】半導体製作に使用されるプラズマプロセス設備は、一般にRF発生器、RF発生器に一端で結合したRF電力ケーブル、インピーダンス整合回路、およびプラズマ反応器の電極に接続するRF電力ケーブルまたは1対の銅ストラップを備える。動作中、プラズマ反応器のインピーダンスは、かなりの変化にさらされる。点火前、反応器内のガスは電離しておらず、従って、導電状態でない。RF電力を加えると、ガスが電離し始め、電荷担体が反応器内に生成されるにつれて、負荷インピーダンスは低下する。起動周期後、定常運転条件がついに確立される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】定常運転中でも、プラズマフラックス（プラズマ密度とプラズマ電荷速度との積）の変化が負荷インピーダンスの重大な過渡的变化の原因となることもある。加えて、点火中および定常条件確立前に、かなりのインピーダンス変化に遭遇した場合、これによって相当の電力が反射されてRF発生器に戻され、その結果、RF発生器が不安定になって損傷したり、プラズマプロセスの安定性が失われたりすることもあり得る。特に高「Q」プラズマプロセスの場合がこのケースである。更に例示する通り、標準の非消散型フィルタ構成では、遭遇するプロセスを全体にわたって安定的に動作させるのに十分でない。

【0006】例えばプラズマ蒸着またはスパッタリングの場合、プロセスは、相対的に一定の周波数または例えば13.56MHz $\pm$ 5%のような周波数の帯域において代表的に数キロワット以下のレベルでされる無線周波

数エネルギーによって駆動される。RF発生器は、プラズマチャンバに結合していて、このプラズマチャンバのインピーダンスをRF発生器出力源のインピーダンス（代表的に50オーム）に整合する整合回路を間に配置したものが代表的である。

【0007】RFエネルギー供給システムは、RF発生器、整合回路および負荷を備えてよい。一定周波数の代わりに所定の周波数帯域幅、例えば約±5%から±10%までの間で揺らぎを見せる帯域幅にわたって動作する周波数鋭敏度の高いプラズマシステムであれば、プラズマインピーダンス整合を最適化する自由度が大きくなり、それで、固定整合回路も可変整合回路も可能となるので、一般的により望ましくなる。

【0008】プラズマは線形オーム抵抗のような挙動を見せないから、RF発生器によってRFエネルギーをプラズマチャンバに加えると、帯域からはずれて、ソース周波数の倍数（高調波）またはその分数（低調波）であり得るエネルギーが生成される。

【0009】従来、消散型フィルタが、しばしば通信業において、例えば受信機フロントエンドの第1ダウンコンバータの後の狭帯域中間周波フィルタとして使用されてきた。消散型フィルタは、帯域外の信号を固有の形で制御しながら終結させる必要がある場面で性能を高めるのに使用される。しかしながら、消散型フィルタは、等価の無損失フィルタのように急勾配の減衰曲線を呈しないので、歓迎されなかった。結果として、緩勾配の減衰曲線とエネルギー消散の問題があったために、回路設計者は、RF電力が数キロワットであり得るRF供給システムにおいてこの種のフィルタを間に入れるのを嫌った。

【0010】消散型高調波フィルタであれば、米国特許第5187457号に記述された通り、プラズマ負荷の非線形性によって発生させられた帯域外信号の問題を処理するために、発生器と整合回路との間に入れることができる。これまで、これをしようとして採用されたのは、大体、高調波を吸収するより反射する反射型の無損失フィルタであった。しかしながら、チェビシェフ設計または楕円設計の両方を使った標準の反射型フィルタは、高調波の消散の終結をもたらさないで、これでは、特定のプロセス条件、特に高「Q」方式と結び付いたプラズマチャンバ安定性の問題が解決されなかった。これらの設計は、高調波を負荷から守る反面、高調波を代替経路経由で接地する。接地経路における高調波は、「ホットグラウンド」として知られる高調波接地電流を生成し、これが、MOSFETダイスにとって有害となり得る付加的なゲート・ソース間電圧差を生じさせる。高調波接地電流が存在することによってまた、MOSFETゲートにおいて高調波を重ね合わされた基本周波数波形が生成され、それによって、そのスイッチング特性が左右される。その結果、所与の供給電圧において同じ

出力電力を得るのに必要な一貫した駆動レベルが確保されなくなる。それゆえ、ローパスフィルタの入力側に終端ハイパスフィルタを付けたダイプレクサをRF発生器内側の増幅器入力とドライバ出力との間に入れてもよい。

【0011】米国特許第5187457号に引用されたようなカスケードフィルタが消散型であるが、所要帯域幅全体にわたって過大な電力損失、消散電力の除去、および所要サイズの関係から、まだ、固定周波数プラズマシステムにしか適していない。その上、これらのフィルタは、高調波を十分に阻止できないことに加えて、所望のプラズマシステム高調波阻止レベルを得るためには無損失フィルタを必要とする。

【0012】半導体プラズマプロセッシング装置業界は、生産スペースが今や希少で、高騰していることから、より低いコスト、より小さいサイズのプラズマ発生器に対する需要が大きい。表面マウント技術と改良冷却方式とを駆使した革新的な回路トポロジーを有する高圧MOSFETが、こうした需要に満たす有力な解決策とみなされるに至った。しかしながら、高圧MOSFETは、スイッチモードドライバ出力によって生じさせられる高調波接地電流や、プラズマチャンバから反射によって戻されたエネルギーに対して敏感である。高調波接地電流が発生すると、RF電力増幅器は、a)電力利得および電力効率に関して所望の性能に見合った一貫したスイッチング動作ができなくなり、b)不安定になり、目標点に関して正しい電力を供給しなくなり、c)プラズマフラックスのドロップアウトを生じさせ、d)ゲート・ソース間電圧差を増大させ、MOSFETダイスを損傷するに至る。

【0013】これら先行技術の欠点は、本発明によって克服される。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、所定の周波数範囲内の無線周波数信号を提供する電源に結合した入力端子と、無線周波数信号を所定の周波数範囲において負荷に提供するための出力端子と、入力および出力を有するローパスフィルタであって入力端子と出力端子との間に接続された1つのローパスフィルタと、このローパスフィルタに結合した複数のハイパスフィルタであって、この複数のハイパスフィルタが、所定の周波数範囲を超える周波数の信号を消散させ、この複数のハイパスフィルタが、キャパシタンスとインダクタンスとからなるグループの中から選択された所定の回路効果を有し、結果として生じる影響がローパスフィルタによって入力と出力とで相殺され、吸収されるようになっているハイパスフィルタと、を含むRF発生器システムのための双方向ダイプレクサ高調波消散フィルタに関するものである。

【0015】また、RF電力増幅器と、このRF電力増幅器に結合した、所定の周波数範囲内の無線周波数信号

を提供する出力端子と、入力および出力、入力インピーダンスおよび出力インピーダンスを有するローパスフィルタであって、出力端子に結合した1つのローパスフィルタと、このローパスフィルタに結合した1つのハイパスフィルタであって、ハイパスフィルタが、所定の周波数範囲を超えたときに負荷から反射された高調波信号を受信しかつ消散させ、このハイパスフィルタの、ローパスフィルタの出力インピーダンスに及ぼす影響が相殺されるハイパスフィルタと、同じローパスフィルタに結合した、RF電力増幅器によって生成された高調波信号を管理するフィルタ手段であって、フィルタ手段の、ローパスフィルタの入力インピーダンスに及ぼす影響が相殺されるようになっているフィルタ手段とを備える周波数鋭敏度の高いRF発生器システムのための双方向ダイプレクサ高調波消散フィルタも開示される。

【0016】

【発明の実施の形態】図面、そして最初に図1について説明すると、これは、高電力無線周波数(RF)エネルギーを使用するためのシステムの一実施例で、RF電力増幅器10を有するRF発生器9と双方向ダイプレクサ16とを備える。RF電力増幅器10は、無線周波数帯、例えば13.56MHz $\pm$ 5% $\sim$  $\pm$ 10%の帯域内の交流電流を、本例では3000ワット以下の電力で提供する。RF電力増幅器10は、50オームの有効出力インピーダンスを有する。RFエネルギーはプラズマチャンバ12に加えられ、ここがRF負荷をかける。負荷インピーダンスは、動作中に変化することがあり、非線形であり、これによって、望ましい周波数帯内の周波数における入力RFエネルギーは、この入力周波数の倍数または分数の周波数におけるエネルギーに変換される。本発明によれば、インピーダンス整合回路14が双方向ダイプレクサ16とプラズマチャンバ12との間に入れられており、プラズマチャンバ12のインピーダンスをRF電力増幅器10の50オームインピーダンスに整合する働きをする。

【0017】本発明による双方向ダイプレクサ16は、好ましくは、例えば13.56MHzを中心として $\pm$ 5%の周波数通過帯域内のエネルギーを通過させるが、通過帯域より上の周波数のエネルギーを消散させるために、RF電力増幅器10および整合回路14と直列に置かれており、通過帯域より下の低周波およびサブ高調波のエネルギーは、RF電力増幅器10内部の他のフィルタ回路網(図示されていない)を経由して抵抗端で消散させられる。双方向ダイプレクサ16は、ここでは、RF電力増幅器10と整合回路14との間に直列の位置で描かれているが、システム内の他の適当な場所、例えばRF発生器9の中に置かれていてもよい。その回路のサイズが相対的に小さいとすれば、システム内の双方向ダイプレクサ16の位置については、これ以外の選択肢も可能である。

【0018】図2は、双方向ダイプレクサ16のシステムコンポーネントを示すブロック図である。双方向ダイプレクサ16は、RF電力増幅器10からの出力25を受け止めるローパスフィルタ20と、高調波エネルギーを受け止め、消散させる少なくとも2つのハイパスフィルタ27aおよび27bとを包含する。本発明の一実施例では、50dBc以下の高調波分および安定した動作をダイナミックレンジ全体にわたって維持するために、RF電力増幅器10の出力25が通過するダイプレクサ16が、1つの5次0.1dB通過帯域リプル楕円応答ローパスフィルタ20と、複数の5次0.1dB通過帯域リプル・チェビシェフ応答ハイパスフィルタとを包含する。図2にハイパスフィルタ27aおよび27bが描かれている。特別な用途に応じて、より高次のフィルタ、例えば7次または9次のフィルタを使用してもよい。ローパスフィルタ20は、16.4MHzのカットオフ周波数を有し、代表的な阻止レベルが-43dBcである。このフィルタの2次高調波阻止レベルは-42dBcが代表的である。3次高調波阻止レベルは-62dBcが代表的である。それでも、プラズマアプリケーションにおけるRF発生にとって、ローパスフィルタ20による高調波の阻止では十分でなく、高調波エネルギーを消散させる処置を講じなければならない。

【0019】現に好適な実施例では、高調波の消散の終結が、1つがローパスフィルタ20の入力の手前の接合点15に加えられ、1つが出力の背後の接合点17に加えられた少なくとも2つのハイパスフィルタ27aおよび27bを通して達成される。高調波エネルギーは、2つの経路の1つでシステムに進入してよい。それは、プラズマ媒体の電離によって過渡フラックスが生成される間に、RF電力増幅器10によって生成されても、プラズマチャンバ12から反射によって戻されてもよい。RF電力増幅器10からの高調波の消散は、ローパスフィルタ20の入力においてハイパスフィルタ27aによってもたらされる。プラズマチャンバ12から反射によって戻され、RF電力増幅器10に向かって戻ってくる高調波は、ハイパスフィルタ27bによって受け止められ、消散させられる。

【0020】ダイプレクサ16、すなわちハイパス/ローパスフィルタ装置は、代表的に高調波ひずみを最小限に抑え、ハイパスフィルタ27aおよび27bの入力で受け止められた高調波を消散によって終結させる働きをする。本実施例のローパス/ハイパスフィルタ組み合わせにより、RF電力増幅器の出力からくる高調波エネルギーと、プラズマチャンバロードから反射によって戻されてくる高調波エネルギーとの両方を消散させる双方向ダイプレクサ16が形成される。

【0021】ハイパスフィルタおよびローパスフィルタを包含する双方向高調波フィルタは、他の配置も本発明の範囲内で考えられる。例えば、高調波エネルギーの消

散を増進させるために2つより多いハイパスフィルタを利用してよく、あるいは、補助のローパスフィルタを追加してもしなくてもよい。また、プラズマチャンバから反射によって戻されたエネルギーを消散させるために、ローパスフィルタの出力と負荷との間の接合点で接続された1つだけのハイパスフィルタを使用してよく、さらに、RF電力増幅器から生成された高調波エネルギーを管理する、例えば、消散させ、反射し、および/または接地するために他の手段と併用してもよい。換言すれば、動作中のRF電力増幅器から生成された高調波の反

射、消散または接地を行うためには、ローパスフィルタ出力側の単一のハイパスフィルタをローパスフィルタ入力側の第2のハイパスフィルタと共に使用するのではなく、むしろ、例えばRF電力増幅器回路に組み入れられたような、RF発生器回路内のどこかに配置されたダイプレクサ、反射型フィルタもしくはカスケード消散型フィルタ、あるいは、RF発生器と整合回路との間に直列に置かれた別個の高調波フィルタ回路などと共に使用してよい。

【0022】現に好適な実施例では、RF電力増幅器および/またはプラズマチャンバからの高調波は、ハイパスフィルタ27aおよび27bの抵抗端末で消散させられ、周波数鋭敏度の高いプラズマシステムに見合った帯域幅、例えば13.56MHz $\pm$ 5%の範囲内の信号に影響するに至らない。ハイパスフィルタ27aおよび27bは、高調波接地電流を減じ、それで、RF発生器が不安定になり、および/または、目標点よりはるかに低いレベルでRF電力をプラズマチャンバ12に供給し、それによってプラズマフラックスのドロップアウトが引き起こされるのを防ぐ。高調波接地電流のレベルが下がることはまた、電源内部のMOSFETダイスを過大なゲート・ソース間電圧差(代表的には指定限度の $\pm$ 30Vを超えない)から守ることにともなる。こうして、低周波およびサブ高調波の抵抗端末と結合して、現に好適な双方向ダイプレクサ16は、電圧定在波比(VSWR)の範囲全体にわたって、かつ、システムのダイナミックレンジ全体にわたって、RF電力増幅器10の安定した動作をもたらす。これは、特に高「Q」プロセスを実行するプラズマシステムの安定性にとって重要である。

【0023】好適な実施例におけるハイパスフィルタ27aおよび27bは、5次0.1dB通過帯域リプル・チェビシェフ応答を有し、約500ワットまでの電力を消散させる。ハイパスフィルタのカットオフ周波数は23.2MHzで、3dBポイントが20.4MHzのところにある。特別な用途に応じて、より高次のフィルタ、例えば7次または9次のフィルタを使用してもよい。より高次のフィルタほど、結合相手のローパスフィルタのインピーダンスおよび周波数応答に及ぼす影響が小さい反面、回路サイズの増大の度合いはかなりのものである。ここに述べたプロセスに適用できるハイパスフ

ィルタに関する他の仕様は、当業者であれば容易に理解できよう。

【0024】ハイパスフィルタ27aおよび27bならびにローパスフィルタ20は、図3の概略図により詳細に描かれており、同図において、ローパスフィルタ20は、13.56MHz $\pm$ 5%の範囲の帯域幅に変えてもよい。ローパスフィルタ20は、帯域外のより高い周波数の信号を短絡するコンデンサC1、C3およびC5、インダクタL1およびL2を有する並列LC共振パスAおよびB、ならびに、帯域外のより高い周波数の信号を阻止し、増幅されたクリーンなRF信号を例えば13.56MHz $\pm$ 5%の帯域幅全体にわたって通過させるコンデンサC2およびC4、を有する楕円設計であってよい。図3に楕円設計として描かれている反面、ローパスフィルタ20は、分流入出力キャパシタンスまたは直列入出力インダクタンストポロジを有するチェビシェフ設計であってもよい。

【0025】ハイパスフィルタ27aおよび27bは各々、それぞれ高周波(高調波)電流に対して短絡形として現れ、終端レジスタR1およびR2に低周波電流が到達するのを阻止する開放形として現れる一連のコンデンサC6、C7およびC8、ならびに、C9、C10およびC11で作られている。インダクタンスL3およびL4、ならびにL5およびL6は、低周波に対して短絡形として現れ、高周波に対して開放形として現れる。ハイパスフィルタ27aおよび27bにおいて、2次、3次、4次、5次等々の高調波を含むバイパス高周波成分は、望ましくは50オーム消散抵抗R1およびR2に委ねられる。所定の帯域より低い周波数は、ハイパスフィルタ27aおよび27bの阻止帯域の中に入る。

【0026】図3の好適な実施例では、ハイパスフィルタ27aおよび27bは各々、それぞれコンデンサC6およびC9で表されたキャパシタンス入力に有する。図3に示すハイパスフィルタ27aおよび27bは、チェビシェフ設計であるが、楕円設計であってもよい。ローパスフィルタ20は、それぞれハイパスフィルタ27aおよび27bの容量性入力を阻止帯域内で実現させる容量性入力C1および容量性出力C5を包含する。よって、本発明は、所望の基礎周波数帯域内で性能を回復するために、ハイパスフィルタ27aおよび27bがインピーダンスに及ぼす容量的影響をローパスフィルタ20の入出力回路によって相殺することを見込んでいる。

【0027】例えば、選択されたハイパスフィルタトポロジ(直列入力コンデンサを使用する)は、阻止帯域内に容量性入力インピーダンスを有し、その結果、所定の周波数帯、例えば13.56MHz $\pm$ 5%の帯域幅において等価のキャパシタンスを有することになる。このハイパスフィルタ27aおよび27bの等価入力キャパシタンスは、ローパスフィルタ20の入出力キャパシタンスの値を下げることによって相殺することができ、そ

うすることによって、ハイパスフィルタの等価入力キャパシタンスはローパスフィルタによって吸収されることになる。この等価入力キャパシタンスがローパスフィルタ20の入力端子と出力端子との両方で適宜相殺されることで、結果的に、所望の入出力インピーダンスと所望の周波数応答とが回復されることになる。

【0028】図4は、本発明の代替実施例を示す。ローパスフィルタ100は、インダクタンス入力L1およびインダクタンス出力L3を、インダクタンスL2、L4およびL5、ならびにコンデンサC1およびC2と共に使用する。ハイパスフィルタ200および300は、インダクタンス入力L6およびL9、ならびにインダクタンスL7、L8、L10およびL11を、コンデンサC3、C4、C5およびC6と直列で使用し、高調波消散の目的のために各々50オーム抵抗値を有する抵抗R1およびR2で終端する。所定の周波数帯（例えば13.56MHz±5%）において、ハイパスフィルタ200および300は、その入力部で等価インダクタンスを有してよい。このインダクタンスの影響は、ローパスフィルタ20の入出力においてインダクタンス値を調整することによって相殺し、ローパスフィルタ20の誘導性入出力部によって吸収される。

【0029】

【発明の効果】この高調波フィルタは、所期の用途に応じて様々な改良型が可能である。例えば、レジスタ、インダクタおよびコンデンサを適宜、50オーム以外のインピーダンスに整合することができる。

【0030】その上、双方向ダイプレクサは、非線形電\*

\*源が線形負荷または非線形負荷を高VSWRで駆動する他の高電力、高周波の用途においても使用することができる。

【0031】以上、本発明をいくつかの実施例に則して説明したが、本発明はこれら精緻な実施例に限られるものでないことを理解されたい。むしろ、当業者には、添付された請求項において限定される本発明の範囲および主旨から逸脱することなく多数の改良形態および変更形態の存在することが明白であろう。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好適な実施例における周波数鋭敏度の高いRFプラズマシステムのシステムブロック図である。

【図2】本発明の好適な実施例における双方向ダイプレクサのシステムブロック図である。

【図3】本発明の好適な実施例における双方向ダイプレクサの概略図である。

【図4】本発明の代替実施例における双方向ダイプレクサの概略図である。

20 【符号の説明】

9…RF発生器

10…RF電力増幅器

12…プラズマチャンバ

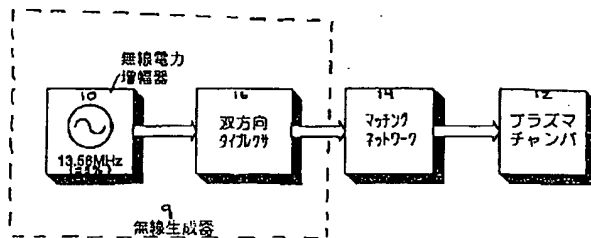
14…インピーダンス整合回路

16…双方向ダイプレクサ

20…ローパスフィルタ

27a、27b…ハイパスフィルタ

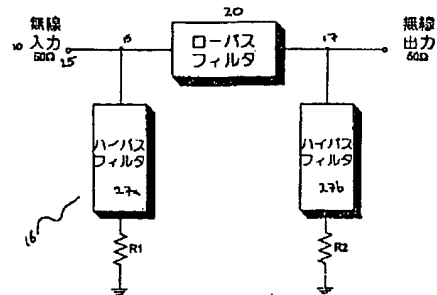
【図1】



【図2】

図2

双方向ダイプレクサ

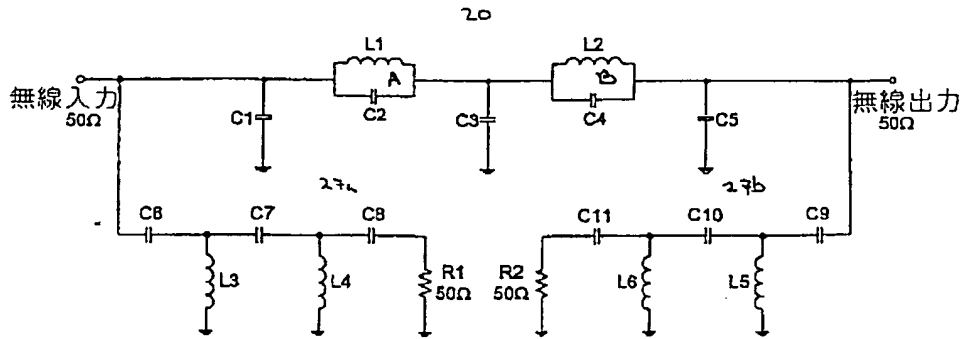




【図3】

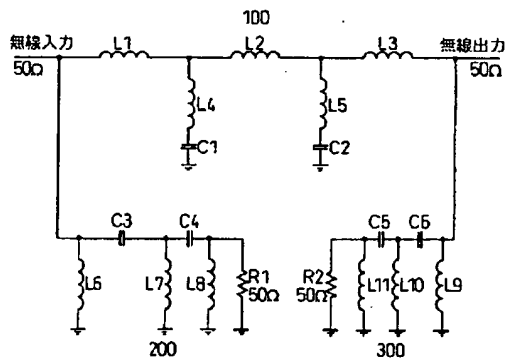
双方向ダイプレクサの概略図

図3



【図4】

図4



フロントページの続き

(72)発明者 デイビッド フリース  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク 14616,  
 ロチェスター、ブリトン ロード 532

Fターム(参考) 5J024 AA01 BA11 BA18 CA02 CA03  
 CA10 DA01 DA25 DA34 EA01  
 EA05